**Nicht für den Prüfling bestimmt**

# I Erläuterungen

**Voraussetzungen gemäß KCGO und Abiturerlass in der für den Abiturjahrgang geltenden Fassung**

**Standardbezug**
Die nachfolgend ausgewiesenen Kompetenzen sind für die Bearbeitung der jeweiligen Aufgabe besonders bedeutsam. Darüber hinaus können weitere, hier nicht ausgewiesene Kompetenzen für die Bearbeitung der Aufgabe nachrangig bedeutsam sein, zumal die Kompetenzen in engem Bezug zueinander stehen. Die Operationalisierung des Standardbezugs erfolgt in Abschnitt II.

| Aufgabe | Kompetenzen | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | F1 | F2 | E1 | E2 | E3 | K1 | K2 | K3 | B1 | B2 |
| 1.1 | | X | | | | | | | | |
| 1.2 | | X | | | | | | X | | |
| 2.1 | X | X | | | | X | | | | |
| 2.2 | | X | | X | | | X | | | |
| 3.1 | X | | X | | | | | X | | |
| 3.2 | | X | | | | | | X | | |
| 4.1 | X | | | | | | | | | |
| 4.2 | | X | | X | | | | | | |

**Inhaltlicher Bezug**
Q1: Elektrisches und magnetisches Feld
verbindliche Themenfelder: Elektrisches Feld (Q1.1), Magnetisches Feld (Q1.2), Induktion (Q1.3)

# II Lösungshinweise und Bewertungsraster

In den nachfolgenden Lösungshinweisen sind alle wesentlichen Gesichtspunkte, die bei der Bearbeitung der einzelnen Aufgaben zu berücksichtigen sind, konkret genannt und diejenigen Lösungswege aufgezeigt, welche die Prüflinge erfahrungsgemäß einschlagen werden. Lösungswege, die von den vorgegebenen abweichen, aber als gleichwertig betrachtet werden können, sind ebenso zu akzeptieren. Bei den Ergebnissen numerischer Rechnungen ist zu berücksichtigen, dass in der Physik Messwerte und sich daraus ergebende Rechenergebnisse immer nur im Rahmen der Messgenauigkeit korrekt sind und gerundete Werte darstellen. Geringe Abweichungen von den in den Lösungshinweisen angegebenen Werten sind daher zu akzeptieren.
Bei den unten angegebenen Lösungen werden für Naturkonstanten die im Taschenrechner vorhandenen Werte verwendet. Zwischen- und Endergebnisse sind sinnvoll gerundet angegeben.
Für weitere Rechnungen mit diesen Zwischenergebnissen werden nicht die gerundeten, sondern die im Taschenrechner gespeicherten Werte verwendet, damit Rundungsungenauigkeiten nicht kumulieren.

**Nicht für den Prüfling bestimmt**

| Aufg. | erwartete Leistungen | BE |
|---|---|---|
| 1.1 | Berechnen:<br>Für die Querschnittsfläche gilt $A = \pi \cdot r^2$.<br>$L = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{N^2}{l} \cdot \pi \cdot r^2 = \mu_0 \cdot 1 \cdot \frac{1000^2}{0{,}15\,\text{m}} \cdot \pi \cdot (0{,}05\,\text{m})^2 = 0{,}066\,\text{H}$<br>Für die konstante Induktionsspannung gilt:<br>$U_{\text{ind}} = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} = -0{,}066\,\text{H} \cdot \frac{5\,\text{A}}{3 \cdot 10^{-4}\,\text{s}} = -1097\,\text{V}$ | 6 |
| 1.2 | Begründen:<br>Beim Einschalten der Spannung entsteht in der Spule ein Magnetfeld. Durch den Aufbau des Magnetfelds ändert sich der magnetische Fluss in der Spule und es entsteht eine Induktionsspannung, die ihrer Ursache entgegenwirkt. Die Stromstärke durch die Spule steigt somit langsam an, bis sie einen konstanten Wert erreicht hat. Bleibt die magnetische Flussdichte konstant, ist auch der magnetische Fluss konstant und es wird keine Spannung induziert. Beim Ausschalten der Spannung ändert sich der magnetische Fluss, da sich das Magnetfeld in der Spule abbaut, somit wird wieder eine Spannung induziert. | 4 |
| | Herleiten:<br>Das Induktionsgesetz lautet: $U_{\text{ind}} = -N \cdot \dot{\Phi}$ mit $\Phi = A \cdot B$<br>Da sich nur die magnetische Flussdichte ändert, ist $\dot{\Phi} = A \cdot \dot{B}$. ($A$ = konst.)<br>Für eine lange Spule gilt: $B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot I \cdot \frac{N}{l}$ und somit $\dot{\Phi} = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \dot{I} \cdot A \cdot \frac{N}{l}$<br>Einsetzen in das Induktionsgesetz liefert: $U_{\text{ind}} = -\mu_0 \cdot \mu_r \cdot A \cdot \frac{N^2}{l} \cdot \dot{I} = -L \cdot \dot{I}$ | 3 |
| 2.1 | Erläutern:<br>(1) Die Induktionsspannung an der Spule wirkt wie eine zusätzliche Spannungsquelle. Die Summe der Quellenspannungen entspricht der Spannung an dem elektrischen Widerstand.<br>(2) Für die Spannung der Spannungsquelle wird $U_0$, für die Induktionsspannung $U_{\text{ind}} = -L \cdot \dot{I}$ und für die Spannung am Widerstand $U_{R_{\text{Sp}}} = R_{\text{Sp}} \cdot I$ eingesetzt.<br>(3) Die Gleichung (2) wird umgeformt, sodass eine Seite der Gleichung 0 ergibt. | 3 |
| | Bestätigen:<br>Es gilt: $\dot{I}(t) = \frac{U_0}{L} \cdot e^{-\frac{R_{\text{Sp}}}{L} \cdot t}$.<br>Einsetzen in die Differenzialgleichung liefert:<br>$-U_0 + R_{\text{Sp}} \cdot \frac{U_0}{R_{\text{Sp}}} \cdot \left(1 - e^{-\frac{R_{\text{Sp}}}{L} \cdot t}\right) + L \cdot \frac{U_0}{L} \cdot e^{-\frac{R_{\text{Sp}}}{L} \cdot t} = -U_0 + U_0 - U_0 \cdot e^{-\frac{R_{\text{Sp}}}{L} \cdot t} + U_0 \cdot e^{-\frac{R_{\text{Sp}}}{L} \cdot t} = 0$ | 3 |

**Nicht für den Prüfling bestimmt**

| Aufg. | erwartete Leistungen | BE |
|---|---|---|
| 2.2 | Bestimmen:<br>Aus Material 3 entnimmt man $\lim\limits_{t\to\infty}\left(I(t)\right)=\frac{U_0}{R_{Sp}}=0{,}8\,\text{A}$.<br>Mit $U_0 = 4\,\text{V}$ erhält man $R_{Sp}=\frac{4\,\text{V}}{0{,}8\,\text{A}}=5\,\Omega$.<br>Mithilfe eines Punktes des Graphen kann $L$ bestimmt werden.<br>Ein mögliches Wertepaar ist z. B. $I(60\,\text{ms}) = 0{,}56\,\text{A}$.<br>Auflösen von $I(t)$ nach $L$ und Einsetzen liefert:<br>$I(t)=\frac{U_0}{R_{Sp}}\cdot\left(1-e^{-\frac{R_{Sp}}{L}\cdot t}\right)\Rightarrow\quad e^{-\frac{R_{Sp}}{L}\cdot t}=1-\frac{I(t)\cdot R_{Sp}}{U_0}$<br>$L=-\frac{R_{Sp}\cdot t}{\ln\left(1-\frac{I(t)\cdot R_{Sp}}{U_0}\right)}=-\frac{5\,\Omega\cdot 60\cdot 10^{-3}\,\text{s}}{\ln\left(1-\frac{0{,}56\,\text{A}\cdot 5\,\Omega}{4\,\text{V}}\right)}=0{,}25\,\text{H}$<br>*Es kann auch ein beliebiger anderer Punkt des Graphen verwendet werden. Abweichungen im Rahmen der Ablesegenauigkeit sind zu akzeptieren.* | 6 |
| 3.1 | Erläutern:<br>Ist der Schalter geschlossen, liegt an der Glimmlampe die Spannung $U_0$ an und diese reicht zum Zünden der Glimmlampe nicht aus. Die Glimmlampe leuchtet nicht und nur durch die Spule fließt ein elektrischer Strom. Wird der Schalter geöffnet, entsteht an der Spule eine hohe Induktionsspannung, da die Änderung der Stromstärke groß ist. Diese Induktionsspannung liegt dann zum größten Teil an der Glimmlampe an und reicht zum Zünden der Glimmlampe aus, sodass diese aufblitzt.<br>Begründen:<br>Die Induktionsspannung wirkt dem Absinken der Stromstärke entgegen, daher bleibt die Richtung des elektrischen Stroms durch die Spule gleich. Die Elektronen fließen von unten nach oben durch die Spule. Durch die Glimmlampe strömen die Elektronen dann von oben nach unten und das Leuchten entsteht an der oberen Elektrode. | 4<br>2 |
| 3.2.1 | Berechnen:<br>$I=\frac{U_0}{R_{Sp}}=\frac{4\,\text{V}}{5\,\Omega}=0{,}8\,\text{A}$<br>$E=\frac{1}{2}\cdot L\cdot I^2=\frac{1}{2}\cdot 0{,}250\,\text{H}\cdot\left(0{,}8\,\text{A}\right)^2=0{,}08\,\text{J}$<br>$P=U\cdot I=\frac{\Delta E}{\Delta t}\quad\Rightarrow\quad\Delta t=\frac{\Delta E}{U\cdot I}=\frac{0{,}08\,\text{J}}{4\,\text{V}\cdot 0{,}07\,\text{A}}=0{,}29\,\text{s}$ | 2<br>3<br>3 |
| 3.2.2 | Erklären:<br>Ist der Schalter geschlossen, leuchtet die Glühlampe, da an dieser die Spannung der Spannungsquelle anliegt. Wird der Schalter geöffnet, entsteht an der Spule eine hohe Induktionsspannung, die dem Abbau des Stromflusses durch die Spule entgegenwirkt. Daher fließt nach dem Öffnen des Schalters durch die Glühlampe eine wesentlich höhere Stromstärke als vor dem Öffnen und bewirkt ein helles Leuchten. Die Lampe ist aber auf einen so großen Stromfluss nicht ausgelegt und der Glühfaden wird zerstört. Bei einem erneuten Schließen des Schalters leuchtet die Lampe nicht mehr. | 4 |

Nicht für den Prüfling bestimmt

| Aufg. | erwartete Leistungen | BE |
|---|---|---|
| 4.1 | Angeben:<br>Durch den Eisenkern erhöht sich die magnetische Flussdichte in der Primärspule und somit auch die Induktivität der Primärspule. Der magnetische Fluss wird durch den Eisenkern in die Sekundärspule übertragen. | 2 |
| 4.2 | Prüfen:<br>Für die elektrische Feldstärke gilt $E = \frac{U}{d}$. Damit folgt mit der Durchschlagsfestigkeit und dem Abstand der Elektroden für die Spannung zwischen den Kontakten:<br>$U = E \cdot d = 3 \cdot 10^{6}\,\frac{\text{V}}{\text{m}} \cdot 2 \cdot 10^{-3}\,\text{m} = 6000\,\text{V}$<br>Die höchste Spannung entsteht zum Zeitpunkt $t = 0$ s: $U_S(t=0) = \frac{N_2}{N_1} \cdot \frac{R_P + R}{R_P} \cdot U_0$<br>Daraus ergibt sich mit $R_P = R$: $\frac{N_2}{N_1} = \frac{U_S(t=0)}{U_0} \cdot \frac{R_P}{R_P + R} = \frac{6000\,\text{V}}{12\,\text{V}} \cdot \frac{1}{2} = 250$ bzw.<br>$N_1 : N_2 = 1 : 250$. | 5 |
| | **Summe** | **50** |

# III Bewertung und Beurteilung

Die Bewertung und Beurteilung erfolgt unter Beachtung der nachfolgenden Vorgaben nach § 33 der Oberstufen- und Abiturverordnung (OAVO) in der jeweils geltenden Fassung. Bei der Bewertung und Beurteilung der sprachlichen Richtigkeit in der deutschen Sprache sind die Bestimmungen des § 9 Abs. 12 Satz 3 OAVO in Verbindung mit Anlage 9b anzuwenden.

Der Fehlerindex ist nach Anlage 9b zu § 9 Abs. 12 OAVO zu berechnen. Für die Ermittlung der Punkte nach Anlage 9a zu § 9 Abs. 12 OAVO bzw. des Abzugs nach Anlage 9b zu § 9 Abs. 12 OAVO wird jeweils der ganzzahlige nicht gerundete Prozentsatz bzw. Fehlerindex zugrunde gelegt. Der prozentuale sprachliche Anteil nach Anlage 9b zu § 9 Abs. 12 OAVO wird auf 20 % festgesetzt.

Darüber hinaus sind die Vorgaben der Erlasse „Hinweise zur Vorbereitung auf die schriftlichen Abiturprüfungen (Abiturerlass)“ und „Durchführungsbestimmungen zum Landesabitur“ in der für den Abiturjahrgang geltenden Fassung zu beachten.

Im Fach Physik besteht die Prüfungsleistung aus der Bearbeitung je eines Vorschlags aus den Aufgabengruppen A und B, wofür insgesamt maximal 100 BE vergeben werden können. Ein Prüfungsergebnis von **5 Punkten (ausreichend)** setzt voraus, dass mindestens 45 % der zu vergebenden BE erreicht werden. Ein Prüfungsergebnis von **11 Punkten (gut)** setzt voraus, dass mindestens 75 % der zu vergebenden BE erreicht werden.

**Gewichtung der Aufgaben und Zuordnung der Bewertungseinheiten zu den Anforderungsbereichen**

| Aufgabe | Bewertungseinheiten in den Anforderungsbereichen | | | Summe |
|---|---|---|---|---|
| | AFB I | AFB II | AFB III | |
| **1** | 6 | 4 | 3 | **13** |
| **2** | | 12 | | **12** |
| **3** | 7 | 7 | 4 | **18** |
| **4** | 2 | 2 | 3 | **7** |
| **Summe** | **15** | **25** | **10** | **50** |

Die auf die Anforderungsbereiche verteilten Bewertungseinheiten innerhalb der Aufgaben sind als Richtwerte zu verstehen.